

Hintergrundpapier

WEITERENTWICKLUNG DER DEUTSCHEN TREIBHAUSGASMINDERUNGSQUOTE

Februar 2021

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Torgauer Str. 116

D-04347 Leipzig

Karin Naumann

+49 (0) 341/2434-711

karin.naumann@dbfz.de

Dr. rer. nat. Kathleen Meisel

+49 (0) 341/2434-472

kathleen.meisel@dbfz.de

Jörg Schröder

+49 (0) 341/2434-522

joerg.schroeder@dbfz.de

Dr.-Ing. Franziska Müller-Langer

+49 (0) 341/2434-423

franziska.mueller-langer@dbfz.de

Stefan Majer

+49 (0) 341/2434-411

stefan.majer@dbfz.de

Uta Schmieder

+49 (0) 341/2434-556

uta.schmieder@dbfz.de

Zitation:

Naumann K, Müller-Langer F, Meisel K, Majer S, Schröder J, Schmieder U (2021): Weiterentwicklung der deutschen Treibhausgasminderungsquote, Hintergrundpapier. Leipzig: DBFZ. 02/2021.

Inhalt

1. Die Treibhausgasquote als Instrument für Treibhausgasminderung im Verkehr	4
2. Entwicklung und Wirkung der THG-Quote bis 2020.....	5
3. Perspektiven der THG-Quote bis 2030	7
4. Einordnung der THG-Quote in Bezug auf die Ziele des Klimaschutzgesetzes.....	10
5. Fazit.....	12
Anhang Methodenbeschreibung	14
A Abschätzung der Quotenerfüllung 2020.....	14
B Beispielrechnung der THG-Quote ab 2022	17
C THG-Quote 2030 - Szenarien zur Erreichung des Klimaziels im Verkehrssektor	19
Definition des Gesamtenergiebedarfs im Straßenverkehr sowie Verteilung der Kraftstoffarten	19
Berechnung der THG-Emissionen ohne erneuerbare Kraftstoffe	20
Definition des Zielwertes	20
Substitution fossiler Kraftstoffe	21
Ermittlung der erforderlichen resultierenden THG-Quote.....	23
Literaturverzeichnis	25
Abkürzungsverzeichnis	27

1. Die Treibhausgasquote als Instrument für Treibhausgasminderung im Verkehr

Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) mahnt einmal mehr entschlossenes Handeln im Energiesektor, Verkehr und der Landwirtschaft an um die Pariser Klimaziele von 80 bis 95% Treibhausgasminderung bis 2050 gegenüber 2010) zu erreichen. Ein Schlüssel hierfür liegt in der drastischen Reduzierung des Energieverbrauchs bei gleichzeitiger massiver Erhöhung des Anteils nachhaltiger erneuerbarer Energieträger.

Der Verkehrssektor steht hierbei vor besonderen Herausforderungen, Mobilität nachhaltig und klimaschonend zu ermöglichen. Entscheidend sind dafür die Entwicklung des Endenergieverbrauchs sowie die in den Verkehrsträgern eingesetzten Antriebe und Energieträger. Neben Maßnahmen mit Bezug auf die Vermeidung und Verlagerung von Verkehr, konzentrieren sich die Ansätze auf den Einsatz von alternativen Antrieben und erneuerbaren Energieträgern.

Eines der zentralen Instrumente für die Förderung der Nutzung erneuerbarer Energieträger im Verkehr ist die 2009 auf europäischer Ebene verabschiedete Erneuerbare-Energien-Richtlinie (2009/28/EC, Renewable Energies Directive kurz RED) und deren Überarbeitung 2018 (2018/2001/EC, kurz RED II). Kern beider Richtlinien sind die durch die EU-Mitgliedsstaaten zu erreichenden Mindestanteile alternativer und erneuerbarer Energieträger im Verkehr (RED: 10% bis 2020, RED II: 14% bis 2030). Zudem werden Randbedingungen zum Nachweis der Nachhaltigkeit und Mindesttreibhausgasminderung dieser Energieträger festgelegt. (Europäische Union 23.04.2009a, 11.12.2018)

Ein zweites relevantes Instrument für Energieträger im Verkehr ist die ebenso 2009 verabschiedete Kraftstoffqualitätsrichtlinie (2009/30/EC, Fuel Quality Directive kurz FQD). Mit der FQD sollen die Lebenszyklustreibhausgase von Kraftstoffen schrittweise verringert werden. Die FQD definiert durch die EU-Mitgliedsstaaten umzusetzende Treibhausgasminderungsziele für in Verkehr gebrachte Kraftstoffe (bis 2020: 6% durch alternative und erneuerbare Kraftstoffe inklusive der Anrechnung von bis zu 1,2% Upstream-Emissionsminderungen). Verpflichtete sind Kraftstoffanbieter, die die Treibhausgasemissionen für die von ihnen in Verkehr gebrachten Kraftstoffe mitzuteilen haben. (Europäische Union 23.04.2009b)

Europäische Richtlinien sind jeweils in den EU-Mitgliedsstaaten in nationalen Regelwerken umzusetzen. In Deutschland werden die RED und FQD durch die Treibhausquote (kurz THG-Quote) umgesetzt (konkret §37a-d Bundes-Immissionsschutzgesetz (kurz BImSchG) und nachfolgende Verordnungen). Das Grundprinzip der THG-Quote ist einfach: Inverkehrbringer von Kraftstoffen (sog. Quotenverpflichtete) sind seit 2015 verpflichtet die THG-Emissionen der durch sie in Verkehr gebrachten Kraftstoffe zu erfassen und schrittweise zu reduzieren. Realisiert wird dies im Regelfall durch die Beimischung von erneuerbaren Kraftstoffen mit niedriger Treibhausgasbilanz (kurz THG-Bilanz) zu fossilen Kraftstoffen.

Die nationale Umsetzung der RED II und damit die Anpassung der THG-Quote bis zum Jahr 2030 muss bis 06/2021 abgeschlossen sein. Derzeit werden verschiedene Vorschläge zur Umsetzung der RED II und damit zur Fortschreibung und Weiterentwicklung der THG-Quote bis 2030 diskutiert.

Die folgenden Abschnitte beschäftigen sich im Detail mit der Funktionsweise der THG-Quote und den möglichen Konsequenzen der diskutierten Vorschläge sowie deren Einordnung in Bezug auf die deutschen Klimaschutzziele.

2. Entwicklung und Wirkung der THG-Quote bis 2020

Das Instrument der Quote wurde in Deutschland erstmals 2006 als energetische Biokraftstoffquote verankert. Diese verpflichtete die Inverkehrbringer von Kraftstoffen, einen definierten energetischen Mindestanteil von Biokraftstoffen einzusetzen. Aufgrund dieser und weiterer Fördermaßnahmen (z.B. befristete Energiesteuererleichterung auf biogene Reinkraftstoffe) stieg der Anteil an Biokraftstoffen in Deutschland bis zum Jahr 2007 an. Neben vergleichsweise geringeren Anteilen an Reinkraftstoffen wurde die Quote maßgeblich durch eine Beimischung von Biokraftstoffen zu Otto- und Dieselmotorkraftstoffen realisiert.

Die ab 2015 geltende THG-Quote löste die energetische Biokraftstoffquote ab; entscheidend wurde nunmehr die jeweils erzielte THG-Minderung. Quotenverpflichtete, d.h. die Inverkehrbringer von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen für den Straßenverkehr, müssen nunmehr sicherstellen, dass die Treibhausgasemissionen der von ihnen in Verkehr gebrachten fossilen Kraftstoffe zuzüglich der Treibhausgasemissionen der von ihnen in Verkehr gebrachten alternativen Kraftstoffe und Biokraftstoffe gegenüber einem definierten Referenzwert reduziert werden (3,5% ab 2015, 4% ab 2017 und 6% ab 2020, zum Referenzwert; siehe auch Anhang | Methodenbeschreibung). Bei Nichterfüllung sind Abgaben für die Fehlmengen zu bezahlen. Es besteht die Möglichkeit, die eigene Verpflichtung im Rahmen einer vertraglichen Vereinbarung an Dritte zu übertragen (§ 37 a BImSchG Absatz 6), hier hat sich inzwischen ein Quotenhandel etabliert. Für die Berechnung und Überwachung der Treibhausgasquote ist das Hauptzollamt Frankfurt/Oder zuständig.

Die Vorgaben der RED (Europäische Union 23.04.2009a) zu Nachhaltigkeit und THG-Bilanzierung werden durch die 2009 verabschiedete Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Biokraft-NachV) in nationales Recht umgesetzt. Sie gilt für alle Betriebe der gesamten Herstellungs- und Lieferkette, das heißt vom Landwirt bis zum Nachweispflichtigen im Biokraftstoffbereich. Für die Umsetzung der Nachhaltigkeitskriterien ist die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) die zuständige Behörde. Biokraftstoffe (und alle anderen erneuerbaren Kraftstoffe) können nur dann auf die Quote angerechnet werden, wenn die o.g. Vorgaben entsprechend erfüllt und der Nachweis per Zertifikat erbracht wird. Die Anforderungen sind in den vergangenen Jahren gestiegen, z.B. in Bezug auf spezifische THG-Mindestminderungen der erneuerbaren Kraftstoffe im Vergleich zur fossilen Referenz (50% Minderung für Bestands-, 60% Minderung für Neuanlagen), einsetzbare Rohstoffe, nutzbare Flächen zum Biomasseanbau.

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der in Deutschland eingesetzten Biokraftstoffe seit dem Jahr 2007 sowie die durch deren Einsatz erfolgte THG-Minderung seit dem Jahr 2009. Der durch die THG-Quote initiierte Marktanzreiz, insbesondere Biokraftstoffe mit einer hohen spezifischen THG-Minderung einzusetzen, ist die jährliche Gesamt-THG-Minderung gestiegen bei gleichzeitig gesunkenen bzw. stagnierenden Biokraftstoffmengen. Im Jahr 2019 wurden 124 PJ (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) 2020), entspricht ca. 3,6 Millionen Tonnen) zertifizierte Biokraftstoffe eingesetzt, die bei einer durchschnittlichen THG-Minderung von 83% gegenüber der fossilen Referenz insgesamt ca. 9,7 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (THG) eingespart haben. Dabei haben bis 2019 vorwiegend FAME (fatty acid methyl ester-) und Ethanol-Kraftstoffe zur Quotenerfüllung beigetragen, während HVO (hydrotreated vegetable oils) und Pflanzenöle vor allem in den letzten Jahren nur eine untergeordnete Rolle spielten.

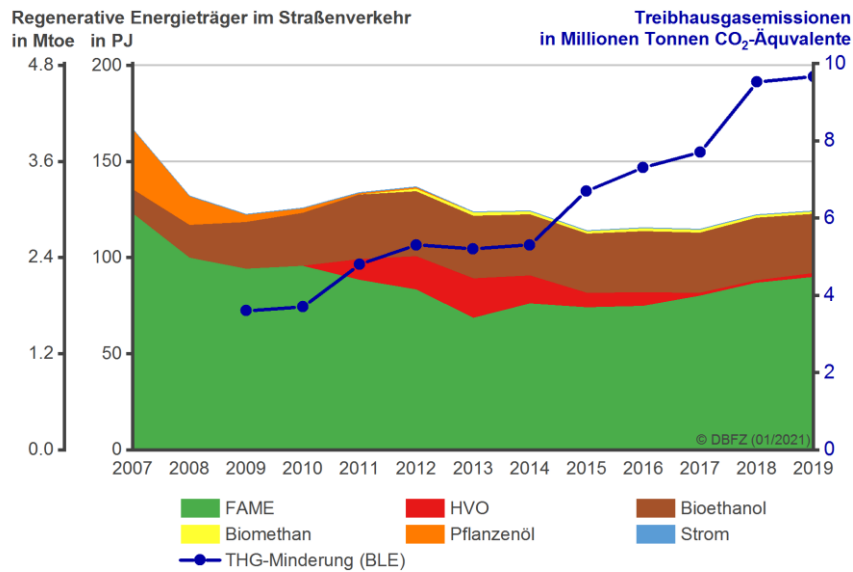


Abbildung 1 Entwicklung Biokraftstoffanteil im Verkehr 2007 bis 2019

Neben Biokraftstoffen wurden inzwischen auch weitere Erfüllungsoptionen für die THG-Quote zugelassen. Dies bedeutet, dass auch andere, teilweise fossile Kraftstoffe eingesetzt werden können, sofern deren THG-Bilanz einen Vorteil gegenüber dem bisherigen Durchschnittswert aufweist. Zusätzliche Erfüllungsoptionen sind:

- fossile Gaskraftstoffe wie Autogas (Liquefied Petroleum Gas - LPG) und Erdgas (als Compressed Natural Gas - CNG oder Liquefied Natural Gas - LNG),
- Strom und strombasierte Kraftstoffe,
- begrenzt bis 2020 die Mitraffination von Pflanzenölen in Mineralölraffinerien sowie
- Maßnahmen zur Reduktion von Emissionen bei der Erdölförderung, so genannte Upstream-Emission-Reduction (siehe UERV), welche ab 2020 mit einem Anteil von bis zu 1,2% zur THG-Minderung beitragen können.

Fossile Gaskraftstoffe können im Jahr 2020 zu etwa 0,15% der erforderlichen 6% beitragen. Zudem kann für 2020 nach derzeitigem Kenntnisstand davon ausgegangen werden, dass die 1,2% THG-Minderung durch UER noch nicht ausgeschöpft werden, sondern bei weniger als 1% liegen. Im Zuge von Mitraffination hergestellte Kraftstoffe waren in 2019 (Zoll 2020) nicht in der Quote vertreten. Trotz steigender Neuzulassungen bei Elektrofahrzeugen in den letzten Jahren trägt der innerhalb der THG-Quote eingesetzte Strom bisher nur marginal zur Quotenerfüllung bei.

Für 2020 sind derzeit nur Abschätzungen für die Quotenerfüllung möglich (Abbildung 2). Auf Basis verschiedener Einflussfaktoren und getroffener Annahmen (siehe Anhang | Methodenbeschreibung), kann davon ausgegangen werden, dass für die Erfüllung der Quote 150 bis 160 PJ Biokraftstoffe erforderlich sind.

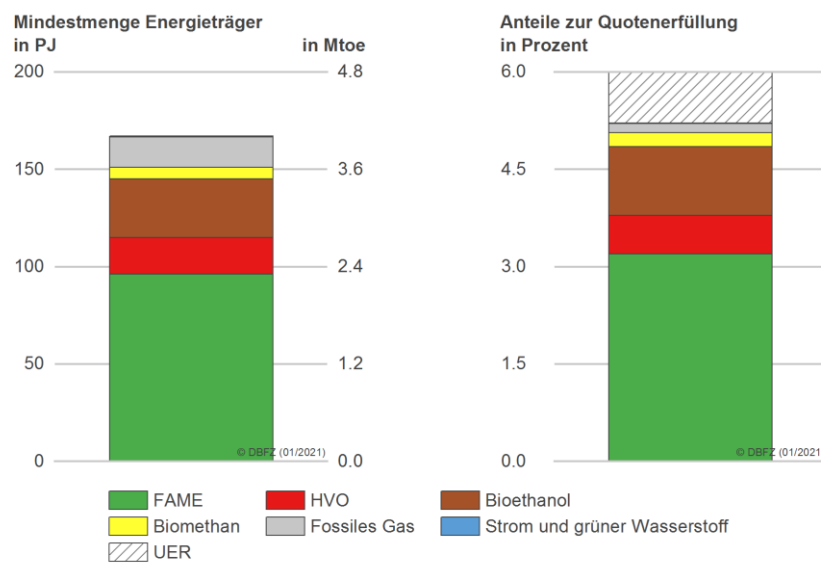


Abbildung 2 Abschätzung zur Erfüllung der THG-Quote in 2020 mit UER 65% von 2,5 Millionen Tonnen CO₂-Äqu.

3. Perspektiven der THG-Quote bis 2030

Die Frist zur nationalen Umsetzung der Vorgaben der RED II endet am 30.06.2021. In Deutschland erfolgt sie durch die Fortführung und Umgestaltung der THG-Quote entsprechend des aktuellen Entwurfs. Ein erster Referentenentwurf wurde im September 2020 veröffentlicht (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) 2020). In der nachfolgenden Ressortabstimmung erfolgte die Einigung auf einen Kabinettsentwurf, der Anfang Feb 2021 verabschiedet wurde. Dessen wesentliche bisher veröffentlichte Eckpunkte sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1 Eckpunkte der nationalen RED II-Umsetzung in Deutschland (erfolgt keine Angabe je Jahr, gibt es keine Vorgaben bzgl. der Mindest-/Maximalanteile) (Falk Heinen 2021)

Gesamtquote & Option	Erläuterung	2022	2023	2024	2025	2026/ 2027	2028/ 2029	2030
<i>THG-Quote gesamt</i>	<i>Mindestanteil THG-Minderung</i>	6,5%	7%	8%	8%	10%	14,5%	22%
<i>Erfüllungsoptionen</i>								
Fortschrittliche Biokraftstoffe (RED II Anhang IX, A)	Mindestanteil energetisch, 2fache Anrechnung für Mengen oberhalb des Mindestanteils	0,2%	0,3%	0,4%	0,7%	1,0%	1,7%	2,6%
Biokraftstoffe aus Altspeseölen (UCO) und tierischen Fetten (RED II Anhang IX, B)	Maximalanteil energetisch	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%
Konventionelle Biokraftstoffe aus Rohstoffen, die auch den Nahrungs- und Futtermittelsektor bedienen	Maximalanteil energetisch, Ausschluss von Palmöl bis 2026	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%
Grüner Wasserstoff und Folgeprodukte (PTx-Kraftstoffe)	2fache Anrechnung der Mengen für Raffinerien und bei Anwendung im Straßenverkehr							

Gesamtquote & Option	Erläuterung	2022	2023	2024	2025	2026/ 2027	2028/ 2029	2030
PTL-Kerosin	Mindestanteil an Kerosin					0,5%	1,0%	2,0%
Elektrischer Strom	3fache Anrechnung (Strom aus öffentlichen Ladepunkten, private Elektrofahrzeuge, Fahrzeugflotten)							

Eine weitere Erfüllungsoption ist die Weiterführung von maximal 1,2% THG-Minderung durch UER-Maßnahmen. Offene delegierte Rechtsakte, die nach deren Festlegung durch die Europäische Kommission ebenfalls national zu berücksichtigen sind, umfassen zudem:

- bis Jan 2021 die Festlegung geeigneter Mindest-THG-Minderungen durch wiederverwertete kohlenstoffhaltige Kraftstoffe (Recycled Carbon Fuels kurz RCF).
- bis Dez 2021 die Festlegung der Methode zur Bestimmung des Anteils an Biokraftstoffen, und Biogas für den Verkehr, der sich aus der Verarbeitung von Biomasse in einem einzigen Verfahren mit fossilen Kraftstoffen ergibt.
- bis Dez 2021 die Festlegung der Methode zur THG-Bilanzierung für PTx-Kraftstoffe und RCF unter Sicherstellung, dass vermiedene Emissionen nicht gutgeschrieben werden, wenn für die Abscheidung dieses CO₂ im Rahmen anderer Rechtsvorschriften bereits eine Gutschrift erteilt wurde.

Untersuchungen zeigen, dass sich erneuerbare Kraftstoffe in einem begrenzten Markt und innerhalb einer THG-Quote zunächst maßgeblich entsprechend ihrer THG-Vermeidungskosten im Wettbewerb positionieren (bspw. (Meisel et al. 2020)). Die mögliche Mehrfachanrechnung für ausgewählte Erfüllungsoptionen auf die zu erreichenden energetischen Mindestziele sowie die THG-Quote fördern einerseits vom Gesetzgeber besonders erwünschte Technologie- und Kraftstoffoptionen. Andererseits erhöhen sie auch die Unsicherheit für alle übrigen Erfüllungsoptionen und führen faktisch zu einer wettbewerblichen Besserstellung mehrfach angerechneter gegenüber den Erfüllungsoptionen, die nur einfach angerechnet werden. Gleichzeitig tragen diese mehrfach angerechneten Optionen nur zur Hälfte (bei 2fach) oder einem Drittel (bei 3-fach) zur realen THG-Minderung im Verkehr bei, da die Quotenverpflichteten jeweils nur eine entsprechend geringere Menge des Kraftstoffs oder Stroms in Verkehr bringen müssen. Zusätzlich kommen sogenannte Antriebsfaktoren bei der Anwendung von Wasserstoff in Brennstoffzellenfahrzeugen und Strom in Elektrofahrzeugen (jeweils Faktor 0,4) zum Tragen (zu den Faktoren siehe auch Anhang | Methodenbeschreibung).

Im Zuge des aktuellen Entwurfs zur Umgestaltung der THG-Quote soll ein Mechanismus in der THG-Quote etabliert werden, der die Quote anhebt, sobald der Strom für Elektromobilität in der Quotenrechnung den für das entsprechende Jahr erwarteten Wert übersteigt. Zudem ist für 2023/24 eine Überprüfung und ggf. Revision des Gesetzes vorgesehen (Falk Heinen 2021). Dies wird nicht zuletzt aufgrund der erwarteten Novellierung der RED II im Zuge des Green Deal und der verschärften Klimaziele der Europäischen Union für 2030 erforderlich.

Ausgehend von den o.g. Eckpunkten ergeben sich eine Vielzahl möglicher Szenarien für die Anteile der jeweiligen Erfüllungsoptionen an der Gesamt-THG-Quote. Das dargestellte beispielhafte Szenario orientiert sich vor allem an der Annahme, dass Elektromobilität und Wasserstoff (für Brennstoffzellen und in Mineralölraffinerien) die durch die Bundesregierung gesetzten Ziele erreichen und der signifikante Kapazitätsaufbau in diesen Bereichen v.a. innerhalb der zweiten Hälfte der Dekade erfolgt.

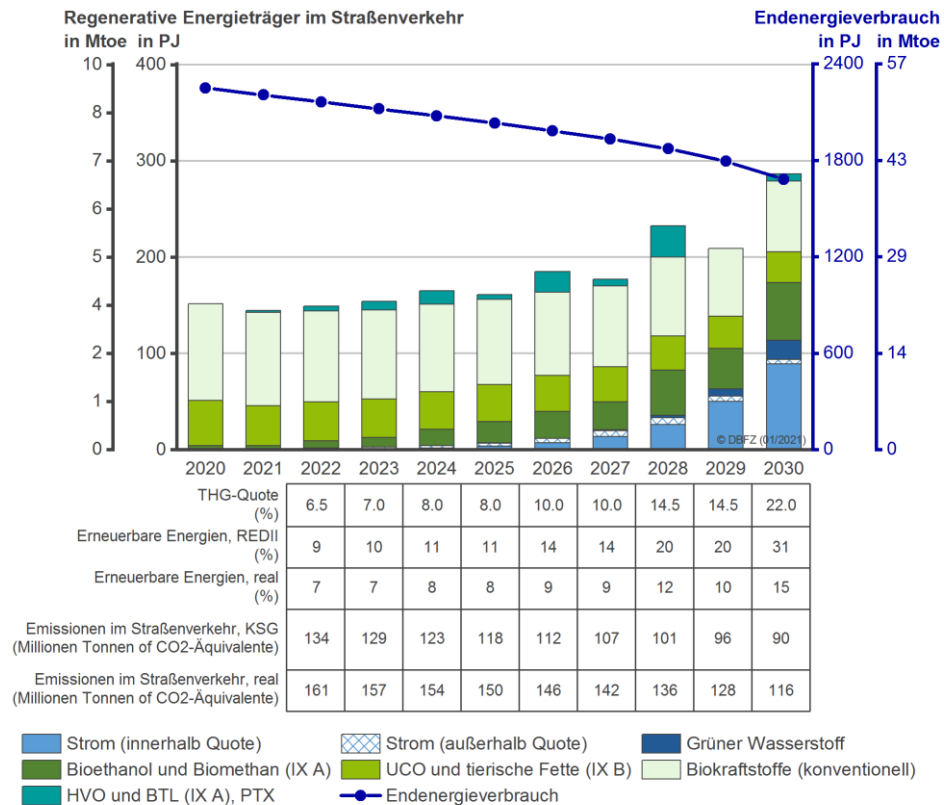


Abbildung 3 Beispielrechnung für die mögliche Quotenerfüllung 2020-2030

Lesehilfe Abbildung 3: Im Gegensatz zur deutlich steigenden Gesamtquote wird die absolute Biokraftstoffmenge in der dargestellten Beispielrechnung in den Jahren 2022-2030 nur moderat steigen. Dies resultiert zum einen aus der Deckelung der konventionellen Biokraftstoffe und derer auf Basis von Altspisefetten und tierischen Fetten (Annex IX B), zum anderen aus der nur langsam steigenden Unterquote für fortschrittliche Biokraftstoffe (Annex IX A). Größere Biokraftstoffmengen sind in den geraden Kalenderjahren, v.a. der in der zweiten Hälfte der Dekade bis 2030, zu erwarten. Zudem wird in der Beispielrechnung im gleichen Zeitraum der starke Anstieg der Elektromobilität deutlich. In 2030 wird demnach ca. ein Drittel (ohne Berücksichtigung der Mehrfachanrechnung) der in der THG-Quote angerechneten Energiemenge durch Strom gedeckt. Auch der Wasserstoffnutzung wird erst in der zweiten Hälfte der Dekade eine erkennbare, wenn auch noch untergeordnete, Rolle zukommen. Schwer einzuschätzen ist dabei, in welchem Verhältnis Wasserstoff direkt als Kraftstoff im Verkehr oder nur in Mineralö Raffinerien bei der Kraftstoffproduktion zum Einsatz kommt. Die türkis dargestellten Mengen an paraffinischen erneuerbaren Kraftstoffen HVO/HEFA und BTL (IX A), sowie PTG (Methan) und PTL schwanken stark. Diese Kraftstoffoptionen werden aufgrund ihrer als geringer eingeschätzten Wettbewerbsfähigkeit (bezogen auf die THG-Vermeidungskosten) nicht bevorzugt genutzt. Insgesamt kommt ihnen bis 2030 als Erfüllungsoption daher nur eine untergeordnete Rolle innerhalb der THG-Quote zu. In der Tabelle zur Abbildung 3 ist zudem dargestellt, dass das Ziel der RED II von 14% Erneuerbaren Energien im Verkehr in 2030 mit 31% deutlich übererfüllt wird. Es wird allerdings auch deutlich, dass die realen Emissionen dennoch in jedem Jahr bis 2030 die im Straßenverkehr zulässigen Emissionen gemäß Klimaschutzgesetz deutlich überschreiten.

Die der Berechnung der THG-Quote zugrunde liegende Formel ist in der Anhang | Methodenbeschreibung hinterlegt.

4. Einordnung der THG-Quote in Bezug auf die Ziele des Klimaschutzgesetzes

Das 2019 durch die Bundesregierung durch das Klimakabinett verabschiedete Klimaschutzprogramm 2030 sowie das Klimaschutzgesetz (KSG, (Die Bundesregierung 12.12.2019)) resultiert unmittelbar aus der THG-Minderungsverpflichtung, die die EU im Pariser Abkommen von 2015 eingegangen ist und durch die Europäische Lastenteilungsverordnung (2018/842 EC, Effort Sharing Regulation kurz ESR) implementiert hat (Europäische Union 30.05.2018). Für den Verkehr sieht das Klimaschutzgesetz bis 2030 eine schrittweise Reduzierung der THG-Emissionen um 42% gegenüber 1990 auf 95 Millionen Tonnen vor. Werden die Jahresziele bis 2030 (Tabelle 2) nicht erreicht, sind binnen 90 Tagen Sofortmaßnahmen zu ergreifen.

Tabelle 2 Zulässige Jahresemissionsmenge im Verkehr gemäß Klimaschutzgesetz in Deutschland

Zulässige Jahresemissionsmenge in Mio. Tonnen CO ₂ -Äquivalent	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Verkehr	150	145	139	134	128	123	117	112	106	101	95

Ausgehend von unterschiedlichen Ambitionsniveaus und entsprechenden Maßnahmen im Bereich der Vermeidung, Verlagerung und Verbesserung des Verkehrs ergibt sich eine große Bandbreite an Szenarien für den Verkehrssektor im Jahr 2030. Die in Abbildung 4 dargestellten Szenarien basieren auf Untersuchungen Dritter (siehe Anhang | Methodenbeschreibung). Sie beinhalten bereits in unterschiedlichem Umfang Maßnahmen zu beispielsweise Mobilitätswende und Antriebswechsel und sollen hier als Ausgangspunkt für eine weitergehende Diskussion zum Beitrag der THG-Quote zum Klimaziel dienen.

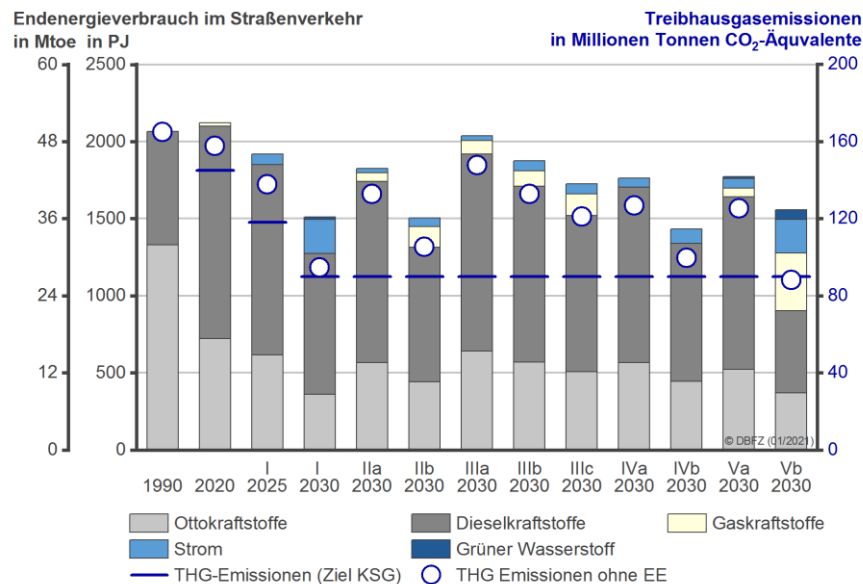


Abbildung 4 Endenergieverbrauch, Kraftstoffarten und direkte Verkehrsemissionen der Szenarien I bis Vb im Jahr 2030

Das Klimaziel 2030 stellt dabei einerseits einen wichtigen Zwischenschritt auf dem Weg zu einem klimaneutralen Verkehr im Jahr 2050 dar. Zudem muss auch der Weg zu diesem Ziel dem Anspruch einer größtmöglichen THG-Minderung genügen, um andererseits die Belastung des CO₂-Budgets größtmöglich zu reduzieren.

Neben der Implementierung und zunehmenden Etablierung alternativer Antriebe sind die kommenden zehn Jahre auch entscheidend für die Initiierung von Technologieentwicklung und Markteinführung für fortschrittliche Kraftstoffe und Energieträger. Eine umfassende Elektrifizierung aller Verkehrssektoren ist nach derzeitigem Stand der Entwicklung kaum möglich, woraus sich auch langfristig die Notwendigkeit nachhaltiger Kraftstoffe ergibt.

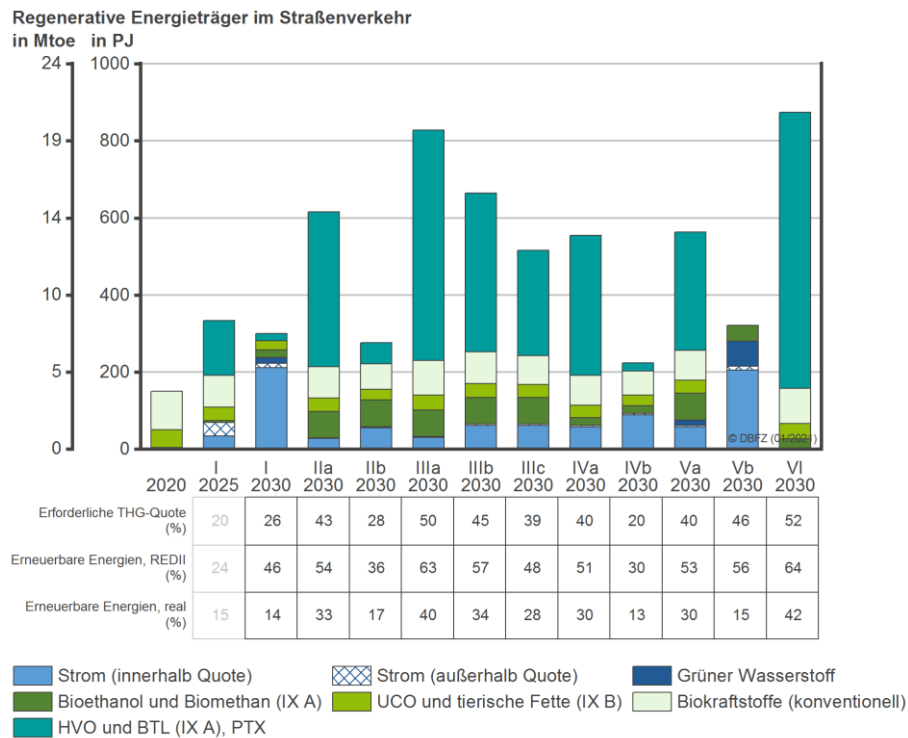


Abbildung 5 Erforderliche Menge von Kraftstoffen aus regenerativen Quellen und deren mögliche Verteilung im Jahr 2030 in den Szenarien I bis VI

Lesehilfe Abbildung 5: Mit Blick auf die im Verkehrssektor zulässige Jahresemissionsmenge gemäß Klimaschutzgesetz ergibt sich v.a. in Abhängigkeit von der Entwicklung der Elektromobilität sowie u.a. damit verbunden der Entwicklung des Gesamtenergiebedarfs im Verkehr ein stark variierender Bedarf an erneuerbaren Kraftstoffen. Unterstellt man einen grundlegenden Systemwechsel mit Blick auf Mobilität und Antriebe, wie in den Szenarien I, IVb oder Vb, so ergibt sich nur ein sehr geringer Bedarf erneuerbarer Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren. Erfahren diese Punkte jedoch kaum bis keine Veränderungen, so bleibt nur eine reine Substitution fossiler Kraftstoffe durch erneuerbare zur Klimazielerrreichung. Diese Szenarien, wie beispielsweise IIIa oder VI, dürften die bis 2030 nachhaltig realisierbaren Mengen jedoch deutlich übersteigen. Werden diese Mengen wiederum in die Methodik zur Berechnung der THG-Quote übertragen, ergeben sich für das Jahr 2030 die unter der Abbildung aufgeführten erforderlichen THG-Quoten. Sie sind vergleichend mit dem Anteil Erneuerbarer Energien gemäß Methodik der RED II (beide mit unterschiedlichen Faktoren einzelner Erfüllungsoptionen) und dem realen Anteil erneuerbarer Energien gegenübergestellt. Die für die Zielstellung des Klimaschutzgesetzes erforderliche THG-Quote reicht in den Szenarien von 20% bis 50% bzw. 52% für den Status quo (VI).

5. Fazit

Bis heute wird THG-Minderung im Verkehr nahezu ausschließlich durch konventionelle Biokraftstoffe realisiert. Durch die seit 2015 geltende THG-Quote mit dem Anreiz, insbesondere solche Biokraftstoffe zu nutzen, die zu einer hohen THG-Minderung beitragen, führte zu einem Anstieg der jährlichen THG-Minderung bei gleichzeitiger Reduzierung der benötigten Biokraftstoffmengen.

Bezogen auf die Höhe der Gesamt-THG-Quote in den Jahren bis 2030:

- Mit Ausnahme des sehr ambitionierten Szenarios IVb liegen alle für die Zielerreichung des Klimaschutzgesetzes erforderlichen THG-Quoten deutlich über den aktuell für 2030 definierten 22%. Selbst bei sehr ambitionierten und erfolgreichen begleitenden Maßnahmen zur Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs im Straßenverkehr, ist daher von einer **erforderlichen THG-Quote von mindestens 30-40 %** zur Zielerreichung auszugehen (unter Berücksichtigung aller aktuellen Faktoren).
- Die **Mehrfachanrechnungen** für ausgewählte Erfüllungsoptionen der THG-Quote fördern diese nicht nur, sondern erhöhen auch die Unsicherheit für alle übrigen Erfüllungsoptionen. Diesem Effekt sollte ausreichend Rechnung getragen werden, indem bspw. die Gesamtquote in Abhängigkeit von der Entwicklung aller Erfüllungsoptionen bedarfsgerecht angepasst wird. Ein wichtiger Meilenstein ist dabei die für 2023/24 geplante Revision.

Grundsätzlich zeigen die Berechnungen:

- Für die Erreichung der Klimaziele ist es entscheidend den **Endenergiebedarf deutlich zu reduzieren**. Szenarien mit höherem Endenergiebedarf haben tendenziell einen sehr hohen Bedarf an fortschrittlichen Biokraftstoffen und erneuerbaren nicht-biogenen PTx-Kraftstoffen. Um bei realisierbaren Mengen an Kraftstoffen aus erneuerbaren Quellen zu landen, erscheint beispielsweise Szenario IIb mit 1.500 PJ als zielführend.

Das Klimaschutzprogramm für den Verkehrssektor beinhaltet folgende Handlungsfelder:

- (i) Die Verlagerung von Personen- und Güterverkehr auf klimafreundliche Optionen,
- (ii) Die Verwendung alternativer Kraftstoffe,
- (iii) Der Wechsel auf alternative Antriebe für PKW und Nutzfahrzeuge,
- (iv) Die verschiedenen Möglichkeiten zur CO₂-Reduktion durch digitale Vernetzung.

(Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) 2019)

Inwiefern jede dieser Maßnahmen ausreichend umgesetzt wird, um zur erforderlichen ambitionierten Reduktion des Endenergiebedarfs im Verkehr beizutragen, wird sich in den kommenden Jahren zeigen. Zumindest für die ersten Jahre der beginnenden Dekade muss wohl mit einem Verfehlen der gesteckten Ziele gerechnet werden.

- Ein **hoher Gaskraftstoffanteil** im Straßenverkehr unterstützt die kosteneffiziente Nutzung erneuerbarer Quellen und reduziert dementsprechend den Bedarf erneuerbarer fortschrittlicher und zumeist kostenintensiverer Flüssigkraftstoffe. Das gilt sowohl für biogene als auch für nicht-biogene Kraftstoffe. Für schwer elektrifizierbare Verkehrsbereiche ist Gaskraftstoff (CNG/LNG) auch langfristig eine nachhaltige Option, da einerseits Biomethan eine etablierte Technologieoption zur effizienten Nutzung von Abfall- und Reststoffen und andererseits PTG (Methan) nach Wasserstoff die

energieeffizienteste Option strombasierter Energieträger darstellt.

Ohne ausreichende Gaskraftstoffanteile im Verkehrssektor bis 2028 bzw. 2030 dürfte es schwierig werden, die erforderlichen Mengen an fortschrittlichen Kraftstoffen, dann in Form von Ethanol und HVO gemäß Anhang IX A, in den Kraftstoffmarkt einzuführen.

- Die Nutzung von **konventionellen Biokraftstoffen** als verfügbare Erfüllungsoption ist auch weiterhin auf vertretbarem Niveau unabdingbar und ein wichtiger Baustein für Klimaschutz im Verkehr.
- Durch die relative **Begrenzung** konventioneller Biokraftstoffe (4,4%) und solcher aus Altspeisefetten und tierischen Fetten (1,9%, beides energetisch) nimmt mit sinkendem Energiebedarf im Straßenverkehr die zulässige Menge in der Quote ab – dies sollte in geeigneter Form bei der Revision Berücksichtigung finden.

Anhang | Methodenbeschreibung

A | Abschätzung der Quotenerfüllung 2020

Der Abschätzung der Gesamtmenge an Kraftstoffen liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Die zum derzeitigen Zeitpunkt vorliegenden Daten der BAFA für Januar bis Oktober 2020 werden für das Gesamtkalenderjahr 2020 hochgerechnet, ausgehend von einem Verbrauch an Diesel- und Ottokraftstoff (fossil und erneuerbar), der in den Monaten Nov und Dez 5% bzw. 10% (m/m) unter den Vorjahresmonaten liegt.
- Der für die Quotenverpflichtung relevanten Gesamtmenge liegt eine Dieselmenge (fossil und erneuerbar) analog dieser Hochrechnung auf Basis der BAFA-Daten sowie eine Ottokraftstoffmenge (fossil und erneuerbar) mit plus 5% zugrunde (analog dem Jahr 2018),

Der Abschätzung der Erfüllungsoptionen der THG-Quote liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Biodiesel als Beimischung (FAME+HVO) erfolgt über etwa 2,6 Millionen Tonnen FAME und 0,4 Millionen Tonnen HVO, resultierend aus der Annahme, dass Biodiesel (FAME) in der Beimischung die 7% (v/v) im Dieselmotorkraftstoff (B7) erreicht und die Gesamtmenge Biodiesel (FAME+HVO) etwa 3 Millionen Tonnen beträgt,
- Ethanol im Ottokraftstoff erreicht etwa 1,1 Millionen Tonnen (E5 und E10, inkl. ETBE) resultierend aus einer Beimischung von durchschnittlich 6,5% (v/v),
- Erdgas (CNG) steigt leicht auf 6 PJ und wird vollständig in Form von Biomethan bereitgestellt,
- Autogas (LPG) geht weiter leicht zurück auf ca. 15 PJ,
- Flüssigerdgas (LNG) nimmt zu, bleibt jedoch < 1 PJ,
- Strom und Wasserstoff steigen ebenfalls, können jedoch noch keinen signifikanten Beitrag zur Quotenerfüllung erreichen (< 0,1%)
- UER-Maßnahmen werden ihre Maximalmenge von ca. 2,5 Millionen Tonnen CO₂-Äqu. in 2020 wahrscheinlich noch nicht erreichen, sondern lediglich etwa 30% bzw. 65% davon

Entgegen der Vorjahre ist eine Quotenübertragung aus 2019 nicht möglich. Die in 2019 übererfüllten Mengen in der THG-Quote werden gemäß 38. BImSchV, § 4a, dem Jahr 2021 gutgeschrieben.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann noch nicht abschließend beurteilt werden, zu welchem Anteil die ab dem Jahr 2020 maximal möglichen 1,2% THG-Minderung im Verkehr durch die bisher veröffentlichten Projekte (Deutsche Emissionshandelsstelle) erfüllt werden können. Die Abschätzung auf Basis der BAFA-Daten (Jan-Okt 2020) resultiert bei einer dann noch erforderlichen THG-Minderung von 1,8 Millionen Tonnen CO₂-Äqu. (0,9% statt maximal möglichen 1,2%), siehe Abbildung 6.

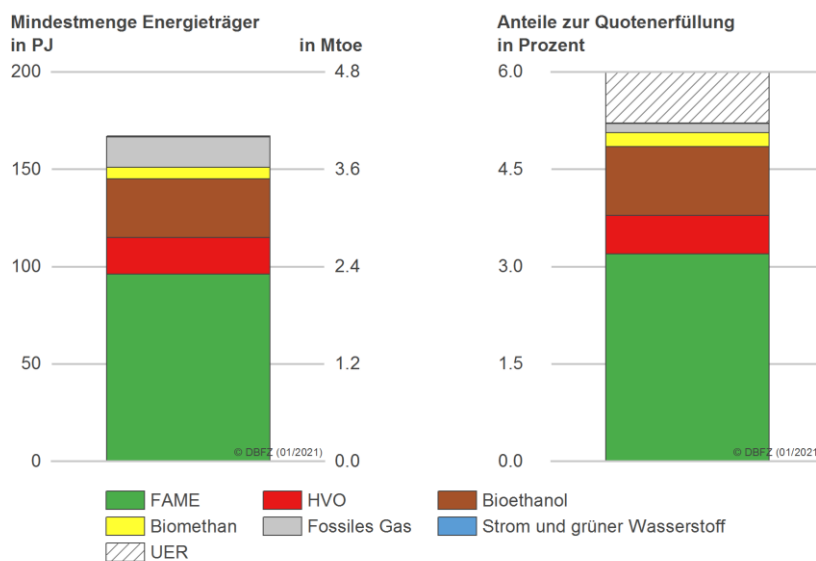


Abbildung 6 Abschätzung (min.) zur Erfüllung der THG-Quote in 2020 mit UER 65 % von 2,5 Millionen Tonnen CO₂-Äqu.

Insofern die UER-Maßnahmen im Jahr 2020 wider Erwarten einen geringeren Anteil zur Quotenerfüllung beitragen, muss für die Monate Nov und Dez von einer entsprechend höheren HVO-Menge ausgegangen werden. In der Beispielrechnung der Abbildung 7 wird von UER-Maßnahmen im Umfang von etwa 0,8 Millionen Tonnen CO₂-Äqu. (0,4% statt 1,2%) ausgegangen. Daraus würde ein Bedarf von insgesamt etwa 31 PJ Biodiesel (HVO) resultieren. Gemäß der Kraftstoffnorm DIN EN 590 wäre diese Menge als Beimischung realisierbar. Davon ausgehend, dass nicht mehr biogene Gaskraftstoffe angerechnet werden können, wäre dann eine Nichterfüllung der THG-Quote in 2020 die Folge.

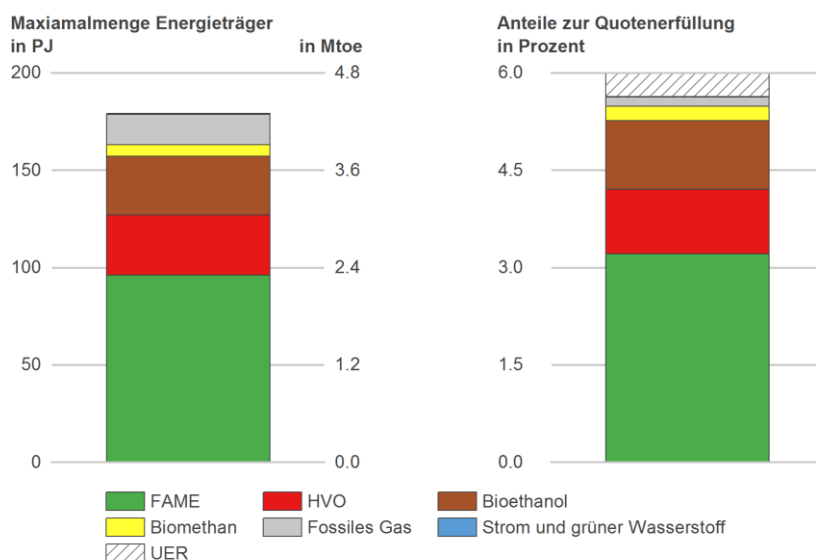


Abbildung 7 Abschätzung (max.) zur Erfüllung der THG-Quote in 2020 mit UER 30% von 2,5 Millionen Tonnen CO₂-Äqu.

Anmerkung: Infolge der Emissionsfaktoren für fossile Diesel- und Ottokraftstoffe (95,1 bzw. 93,9 kg CO₂-Äqu./GJ) liegen die Emissionen des fossilen Kraftstoffanteils (davon ca. 35% Ottokraftstoff, 65% Dieselkraftstoff bezogen auf den Energiegehalt) über dem Referenzwert und dessen Emissionsfaktor von 94,1 kg CO₂-Äqu./GJ (Basiswert gemäß 38. BImSchV § 3). Vom Referenzwert ausgehend sind wiederum

die 6% THG-Vermeidung gemäß Quote zu erreichen. Aufgrund dieser Differenz ergibt sich eine erforderliche THG-Reduktion in 2020 von real 6,5% anstelle der formal geforderten 6%.

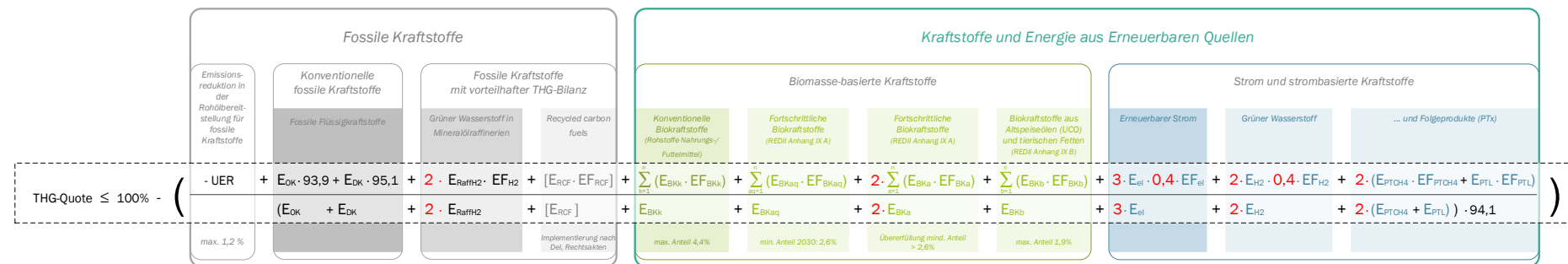
Hinweis: Die Anteile der Quotenerfüllung sind in Abbildung 6 und Abbildung 7 für eine bessere Veranschaulichung auf 6% normiert.

B | Beispielrechnung der THG-Quote ab 2022

Die THG-Quote berechnet sich grundsätzlich aus dem Verhältnis von (realen) Emissionen im Verkehr (in der Formel als Zähler) gegenüber einem Referenzwert (in der Formel als Nenner), wie vereinfacht nachfolgend dargestellt.

$$\text{THG-Quote} \leq 100\% - \frac{\sum (\text{eingesetzte Energiemenge der Kraftstoffart } [E \text{ in GJ}] \times \text{Emissionsfaktor } [EF \text{ in kg CO}_2\text{-Äqu/GJ}] \times \text{Antriebsfaktor } [-] \times \text{Faktor für Mehrfachanrechnung } [-]) - \text{UER}}{\sum (\text{eingesetzte Energiemenge der Kraftstoffart } [E \text{ in GJ}] \times \text{Faktor für Mehrfachanrechnung } [-]) \times \text{Basiswert } [\text{kg CO}_2\text{-Äqu/GJ}]}$$

Dabei müssen neben den wesentlichen Bestandteilen Energiemenge (eines Kraftstoffes) und Emissionsfaktor (eines Kraftstoffes) auch verschiedene Faktoren sowie Randbedingungen (Minimal- und Maximalmengen) zu den einzelnen Erfüllungsoptionen beachtet werden.



Mit dem aktuellen Entwurf zur Anpassung der THG-Quote bis 2030 entfällt einerseits die Erfüllungsoption der fossilen Gaskraftstoffe (ab Inkrafttreten, d.h. wahrscheinlich ab dem Quotenjahr 2022). Andererseits wird die Erfüllungsoption von grünem Wasserstoff in Mineralölraffinerien neu etabliert. Wie Recycled carbon fuels als eine Erfüllungsoption der RED II in der nationalen Umsetzung berücksichtigt werden, hängt von den delegierten Rechtsakten ab.

Hinweis: Die Formeln basieren auf dem Verständnis der DBFZ in Bezug auf die Kalkulationsmethodik für die THG-Quote und haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit respektive Richtigkeit; offizielle Berechnungsformeln wurden bislang nicht veröffentlicht. Zudem steht eine Verifizierung infolge der ausstehenden Anpassungen der zusammenhängenden Bundesimmissionsschutzverordnungen noch aus.

Weitere Annahmen, die der Beispielrechnung zur Quotenerfüllung 2022-2030 zugrunde liegen:

- 7,5 Mio. E-PKW (Regierungsziel 7-10 Mio.) sowie z.T. E-LKW (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) 2019)
- Gesamtbedarf an Endenergie im Straßenverkehr gemäß BMWi Referenzszenario (entsprechend reduziert um höhere E- und H₂-Anteile und deren Antriebseffizienz),
- Gaskraftstoffe und gemäß BMWi Referenzszenario (Fraunhofer ISI, consentec, ifeu (BMW) 2017)
- 40 PJ grüner Wasserstoff (aus Strom über Elektrolyse) werden im Jahr 2030 als Kraftstoff oder in Raffinerien genutzt, dies entspricht 2 GW Elektrolyseleistung gemäß Nationaler Wasserstoffstrategie (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMW) 2020)
- Anteil erneuerbarer Energien im Strommix steigt von 50% in 2020 (Emissionsfaktor 153 kg CO₂-Äqu./GJ) auf 65% im Jahr 2030 (Emissionsfaktor 82 kg CO₂-Äqu./GJ) gemäß dem Ziel der Bundesregierung
- Stromanteil in der Quote nimmt stetig zu. Es wird davon ausgegangen, dass der im Verkehrssektor eingesetzte Strom aufgrund von zunächst überwiegend im privaten Raum stattfindenden Ladevorgängen nur zum Teil separat erfasst und damit in der Quote gehandelt und angerechnet werden kann. Es wird hier davon ausgegangen, dass mit zunehmender Elektromobilität auch der privat getankte und nicht gesondert erfasste Anteil abnimmt. Hier wurde davon ausgegangen, dass im Jahr 2022 zunächst 20% des genutzten Stroms in die Quote eingehen, dieser Anteil jährlich um 10% steigt bis auf 90% in 2029 und in 2030 bei 95% liegt.
- Quotenübertragung aus 2019 ist in der Darstellung nicht berücksichtigt, sie beläuft sich auf 0,99 Millionen Tonnen CO₂-Äqu. (Zoll 2020), diese erfolgt gemäß 38. BImSchV § 4a nicht wie üblich auf das Folgejahr, sondern erst auf das Jahr 2021.

Die Annahmen zum jährlichen Gesamtendenergiebedarf sowie davon der Energiemenge an Gaskraftstoffen, Strom (in der Quote) sowie und grünem Wasserstoff im Straßenverkehr sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3 Annahmen zum jährlichen Gesamtendenergiebedarf sowie davon Gaskraftstoffe, Strom und grüner Wasserstoff im Straßenverkehr in PJ (2022-2030)

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Gesamtendenergiebedarf im Straßenverkehr in PJ	2.182	2.138	2.094	2.049	2.002	1.950	1.889	1.811	1.698
CNG/LNG in PJ	20	23	26	29	33	37	42	48	54
Strom (in Quote) in PJ	1	2	4	7	12	20	33	55	94
Grüner Wasserstoff in PJ	-	-	1	2	3	8	13	23	40

C | THG-Quote 2030 - Szenarien zur Erreichung des Klimaziels im Verkehrssektor

Definition des Gesamtenergiebedarfs im Straßenverkehr sowie Verteilung der Kraftstoffarten

Für die Ermittlung des Gesamtenergiebedarfes im Verkehrssektor und dessen Verteilung auf verschiedene Antriebssysteme und damit Kraftstoffarten/Energieträger wurden Studien herangezogen, welche mittels Annahmen basierten Szenarien mögliche Entwicklungen im Verkehrssektor aufzeigen (Tabelle 4 f).

Tabelle 4 Kraftstoffarten und -mengen der Szenarien für 2030

in PJ	2025		2030									
Szenario	I	I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IVa	IVb	Va	Vb	VI
Energie(träger) im Straßenverkehr, gesamt	1.919	1.510	1.825	1.505	2.038	1.875	1.725	1.764	1.433	1.773	1.559	2.085
Ottokraftstoffe	611	360	565	443	640	570	507	568	446	521	371	713
Dieselmotorkraftstoffe	1.222	913	1.177	871	1.279	1.139	1.013	1.135	893	1.119	533	1.365
Gaskraftstoffe	18	0	54	133	86	101	140	-	-	58	374	21
Elektrischer Strom	68	223	29	58	32	65	65	61	94	61	216	>1
Wasserstoff	0	14	0	0	0	0	0	0	0	14	65	>1

Tabelle 5 Referenzen der Kraftstoffarten und -mengen der Szenarien für 2030

Kürzel	Bezeichnung	Referenz
I		(Agora Energiewende, Agora Verkehrswende, Stiftung Klimaneutralität (prognos, Öko-Institut e.V., Wuppertal Institut) 2020)
IIa	Referenzszenario	(Fraunhofer ISI, consentec, ifeu (BMW) 2017)
IIb	Basisszenario	
IIIa	Referenz	(Boston Consulting Group (BCG), Prognos 2018)
IIIb	80%-Pfad	
IIIc	95%-Pfad	
IVa	GreenLate	(UBA 2019)
IVb	GreenEe2	
Va	Referenzszenario (RF)	(Deutsche Energie-Agentur (Dena) 2018)
Vb	Technologiemixszenario (TM80/95)	
VI	Status quo	Unveränderte Verteilung genutzter Kraftstoffe nach Art und Menge gegenüber 2020

Insofern die Angaben aus Tabelle 4 in den o.g. Referenzen nicht explizit enthalten sind, wurden folgende vereinfachte Annahmen getroffen:

- im Schienenverkehr Stromverbrauch von 42 PJ sowie Dieserverbrauch von 10 PJ im Jahr 2030 (analog 2018 gemäß (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2020)),

- Verteilung von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen im Verhältnis 1:2,
- Sofern keine Gaskraftstoffmengen für 2030 angegeben sind, wurden diese Kraftstoffarten auch hier nicht berücksichtigt.

Berechnung der THG-Emissionen ohne erneuerbare Kraftstoffe

Unter der Annahme, dass die Kraftstoffe ausschließlich fossil (als Referenz) bereitgestellt werden, lassen sich unter der Verwendung der IPCC-Methode, welche auch für die Berichterstattung im National Inventory Report (Umweltbundesamt 2020) Verwendung findet, die mit der Kraftstoffnutzung einhergehenden THG-Emissionen ermitteln. Die Nutzung erneuerbarer flüssiger und gasförmiger Kraftstoffe sowie von Wasserstoff und Strom gehen bei der Nutzung und damit in der Bilanz des Verkehrssektors mit Nullemissionen ein. Die Emissionsfaktoren der fossilen Kraftstoffe bilden ausschließlich die direkten CO₂-Emissionen bei der Nutzung im Fahrzeug ab (sog. Tailpipe-Emissionen, die durch die Verbrennung der Kraftstoffe im Fahrzeug entstehen) und sind in Tabelle 6 zusammenfassend aufgeführt.

Tabelle 6 Emissionswerte für fossile Kraftstoffe für das Jahr 2018 gemäß (Federal Environment Agency 2020)

Kraftstoffart	Einheit	Emissionsfaktor
Benzin, fossil	kg CO ₂ /GJ	75
Diesel, fossil	kg CO ₂ /GJ	74
Erdgas (CNG, LNG)	kg CO ₂ /GJ	56
Autogas (LPG)	kg CO ₂ /GJ	66

Die so ermittelten direkten (fossilen) Verkehrsemissionen stellen nunmehr eine wesentliche Grundlage für die weiteren Berechnungen dar. In Verbindung mit der Zielgröße im Klimaschutzgesetz ergibt sich ein mehr oder weniger großes Delta zwischen „THG-Emissionen ohne EE“ (erneuerbare Energien) und THG-Emissionen, Ziel KSG (Klimaschutzgesetz), welches durch Kraftstoffe aus erneuerbaren Quellen realisiert werden muss.

Definition des Zielwertes

Die Zielgröße für den Verkehrssektor im Klimaschutzgesetz bezieht sich ausschließlich auf Transporte im zivilen inländischen Luftverkehr, im Straßenverkehr, im Schienenverkehr sowie inländischen Schiffsverkehr. Pipelinetransporte, internationale und nicht-zivile Verkehre sind ausgenommen.

Die zulässigen Jahresemissionsmengen im Bereich Verkehr liegen Tabelle 2 bei 150 Millionen Tonnen CO₂ Äqu. in 2020, 123 Millionen Tonnen CO₂ Äqu. in 2025 sowie 95 Millionen Tonnen CO₂ Äqu. in 2030. In 2018 entfielen 6 der 164 Millionen Tonnen CO₂ Äqu. im inländischen Verkehr nicht auf den Straßenverkehr (Umweltbundesamt 2020). Diese Verteilung wurde auf 2030 übertragen und eine Zielgröße für den Straßenverkehr in Höhe von 90 Millionen Tonnen CO₂ Äqu. definiert (2025: 118 Millionen Tonnen). Diese ist auch in Abbildung 4 als THG-Emissionen, Ziel KSG (Klimaschutzgesetz) gekennzeichnet.

Substitution fossiler Kraftstoffe

Im Folgenden wird das ermittelte Delta zwischen „THG-Emissionen ohne EE“ (erneuerbare Energien) und „THG-Emissionen, Ziel KSG“ (Klimaschutzgesetz) durch Kraftstoffe aus erneuerbaren Quellen ausgefüllt.

Dabei kommen zunächst die nachfolgend genannten Nebenbedingungen für das Jahr 2030 zum Tragen um schließlich auf Basis einer definierten Reihenfolge die erforderliche Kraftstoffmenge durch solche aus erneuerbaren Quellen zu ersetzen.

Quoten, Limits und Anrechnung

Der aktuelle Entwurf zur Änderung der THG-Quote umfasst im Wesentlichen folgende zentralen Eckpunkte für das Jahr 2030:

1. Quoten und Limits für Kraftstoffe im Straßenverkehr:
 - Unterquote für fortschrittliche Biokraftstoffe von mind. 2,6% (energetisch),
 - Deckelung von Biokraftstoffen gemäß Anhang IX B bei 1,9% (energetisch)
 - Deckelung von konventionellen Biokraftstoffen bei 4,4% (energetisch; aus Rohstoffen, die auch den Nahrungs- und Futtermittelsektor bedienen)
2. Förderung durch mehrfache Anrechnung ausgewählter Erfüllungsoptionen auf die THG-Quote:
 - 2fache (doppelte) Anrechnung aller Mengen an fortschrittlichen Biokraftstoffe über dem Mindestziel
 - 3fache Anrechnung von direkt im Verkehr genutztem Strom
 - 2fache Anrechnung aller Folgeprodukte aus erneuerbarem Strom, dies umfasst Wasserstoff (als Kraftstoff im Verkehr und als Rohstoff in konventionellen Mineralölraffinerien) sowie alle weiteren PTx-Optionen (v.a. Methan, Flüssigkraftstoffe)
 - Anpassungsfaktor für die Antriebseffizienz von 0,4 für batteriegestützte Elektroantriebe und wasserstoffzellengestützte Elektroantriebe (Fortführung bisheriger Regelung gemäß 38. BImSchV Anlage 3)

(Falk Heinen 2021).

Die für die Quoten und Limits verwendete Bezugsgröße (100%) orientiert sich dabei an der Berechnung der THG-Quote und lautet wie folgt:

- Kraftstoffmenge inklusive aller auf die Quote angerechneten regenerativen Substitute sowie elektrischem Strom und ohne fossile Gaskraftstoffe. Die Mehrfachanrechnungen finden dabei allerdings keine Berücksichtigung.

Beimischungsgrenzen

Basierend auf aktuell geltenden Kraftstoffnormen wird hier davon ausgegangen, dass bezogen auf den Energiegehalt maximal 6,5% Biodiesel (FAME, gemäß DIN EN 590), maximal 6,8% Bioethanol (gemäß DIN EN 228) sowie maximal 20% Biodiesel (HVO, gemäß DIN EN 590) beigemischt werden können.

Zuweisung erneuerbarer Kraftstoffsubstitute

Die Kraftstoffarten werden in einer bestimmten Reihenfolge (Tabelle 7) durch erneuerbare Kraftstoffsubstitute ersetzt. Dabei wird jeweils bis zu einer vorab definierten Maximalhöhe aufgefüllt. Diese

Reihenfolge orientiert sich an den im Rahmen eines Vorhabens (Meisel et al. 2020) ermittelten Treibhausgasvermeidungskosten. Aufgrund der Unsicherheiten durch Mehrfachanrechnung ausgewählter Kraftstoffoptionen auf die THG-Quote wurde hier ein vereinfachter Ansatz gewählt und dieser Einfluss hier nicht dezidiert in die Betrachtung einbezogen. In allen Szenarien wird davon ausgegangen, dass die als Kraftstoff genutzte Wasserstoffmenge vollumfänglich erneuerbar bereitgestellt wird sowie weitere 20 PJ dieses grünen Wasserstoffs (entspricht 1 GW Elektrolyseurleistung) in Raffinerien bei der Produktion konventioneller fossiler Kraftstoffe.

Die Substitution der fossilen Kraftstoffe erfolgt schrittweise bis zum Erreichen des o.g. Ziels von 90 Mio. t CO₂ Äqu. im Straßenverkehr in folgender Reihenfolge:

1. Erreichen der Unterquote für fortschrittliche Kraftstoffe durch Biomethan und Bioethanol sowie ggf. HVO (Rohstoffe Anhang IX A)
2. Erreichen der Maximalmenge Biokraftstoffe aus Rohstoffen Anhang IX B (UCO, tierische Fette)
3. Erreichen des Deckels für konventionelle Biokraftstoffe
4. Übererfüllung der Quote für fortschrittliche Kraftstoffe bis zur physischen (Beimischung) oder einer anderweitig gesetzten Begrenzung (Tabelle 7)
5. Bereitstellung von PTG (Methan) für die verbleibende Gaskraftstoffmenge
6. Bereitstellung der Restmenge zu gleichen Teilen in Form von PTL sowie BTL (Diesel und Benzin)

Die für fortschrittliche Kraftstoffe gesetzten Begrenzungen in Tabelle 7 sind nicht das explizite Ergebnis einer Machbarkeits- oder Potenzialstudie, sondern dienen lediglich einer plausiblen technischen Begrenzung der Einzeloptionen. Sie orientieren sich an derzeit vorhandenen und in Planung befindlichen bzw. ggf. realisierbaren Produktionskapazitäten (Deutschland, EU und weltweit). Eine Änderung der Begrenzungen würde im Wesentlichen zu Verschiebungen zwischen fortschrittlichen Biokraftstoffen und strombasierten (nicht-biogene erneuerbare) Kraftstoffen führen. Die für das Klimaziel erforderliche Gesamtmenge an erneuerbaren Kraftstoffen bleibt hingegen gleich. Bei reduzierten Begrenzungen würde der Anteil strombasierter Kraftstoffe in den betreffenden Szenarien entsprechend steigen. Diese sind mit sehr niedrigen spezifischen THG-Emissionen hinterlegt, weshalb die dann erforderliche THG-Quote entsprechend steigen würde.

Tabelle 7 Erneuerbare Kraftstoffoptionen nach Gruppe (relevant für Quote, Limit und Anrechnung), Art (Reihenfolge entsprechend THG-Vermeidungskosten (basierend auf (Meisel et al. 2020)))

Gruppe	Kraftstoffart	Begrenzung in 2030
Fortschrittliche Biokraftstoffe (Anhang IX A)	Biomethan (IX A) Ethanol (IX A) HVO (IX A) Biomethan (SNG, IX A) BTL Diesel, BTL Benzin (IX A)	max. 50 PJ max. 20 PJ max. 50 PJ
Biokraftstoffe (Anhang IX B)	FAME (IX B) HVO (IX B)	
Biokraftstoffe, konventionell	Ethanol konv. FAME konv. Biomethan konv. HVO konv.	
Sonstige	PTG Methan PTL Diesel, PTL Benzin	

Ermittlung der erforderlichen resultierenden THG-Quote

Auf Basis der ermittelten erneuerbaren Kraftstoffmengen und Energien und in Kombination mit Emissionsfaktoren (Tabelle 8) wird auf Basis der o.g. Formel eine THG-Quote ermittelt, die der zu erzielenden Menge zugrunde liegt. Dabei wurden recycled carbon fuels aufgrund der bisher fehlenden nationalen Umsetzung nicht berücksichtigt. UER (1,2 % THG-Minderung) sowie Wasserstoff in Raffinerien (20 PJ) gehen in entsprechendem Umfang in die Quote ein. Sie finden als Bestandteil der Vorkettenemissionen aus der Kraftstoffbereitstellung in der Bilanzierung gemäß KSG (nach IPCC) allerdings keine Berücksichtigung und reduzieren daher nicht die für die Erfüllung des Ziels gemäß KSG erforderliche Menge erneuerbarer Kraftstoffe im Verkehr.

Der den Szenarien jeweils zugrundeliegende Anteil an Wasserstoff als Kraftstoff wird in den Berechnungen als vollumfänglich erneuerbar berücksichtigt und geht wiederum als grüner Wasserstoff in die Quote ein.

Tabelle 8 Verwendete Emissionsfaktoren in kg CO₂-Äqu. /GJ

Option	Emissionsfaktor	Referenz
Strom (65 % EE-Anteil)	82	Eigene Berechnung
Grüner Wasserstoff	9,1	37. BImSchV, Anlage 1
Ethanol konv.	11,0	(Durchschnitt laut BLE für 2019)
Ethanol (IX A)	15,7	Standardwert RED II
BTL Benzin (KUP, IX A)	16,7	Standardwert RED II
PTL Benzin	2	disaggregierter Standardwert für Transport und Vertrieb von FT-Diesel (BTL) gemäß 2009/28/EG (RED I)
FAME konv.	32,4	(BLE für 2019, RME)
FAME X (UCO/AF, IX B)	6,9	(Durchschnitt laut BLE für 2019)
HVO konv.	19,4	(Durchschnitt laut BLE für 2019)
HVO (UCO/AF, IX B)	16,0	Standardwert RED II
HVO (IX A)	16,0	(analog HVO IX B, UCO)
BTL Diesel (KUP, IX A)	16,7	Standardwert RED II
PTL Diesel	1,2	Siehe PTL Benzin
Biomethan (IX A)	9,4	(Durchschnitt laut BLE für 2018)
Biomethan konv.	34,8	Standardwert für Mais, optimal (RED II)
PTG (Methan)	3,3	37. BImSchV, Anlage 1
Diesel fossil	95,1	Standardwert gemäß 38. BImSchV
Benzin fossil	93,9	Standardwert gemäß 38. BImSchV

konv. = konventionelle Biokraftstoffe aus Rohstoffen, die auch den Nahrungs- und Futtermittelsektor bedienen | IX B = Biokraftstoffe die aus Altspisefetten (Used Cooking Oil (UCO)) oder tierischen Fetten (Animal Fats (AF)) produziert werden, gemäß Anhang IX B der RED II | IX A = fortschrittliche Biokraftstoffe die aus Rohstoffen gemäß Anhang IX A der RED II produziert werden (eine Erweiterung der Liste in Anhang IX A ist derzeit in Bearbeitung) | KUP = Holz von Kurzumtriebsplantagen;

BLE: (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) 2020)

Die Ergebnisse sind besonders sensitiv hinsichtlich folgender zwei Parameter: (i) dem Gesamtenergiebedarf und (ii) der Strommenge im Verkehr bzw. deren in der Quote berücksichtigter Anteil. Zur Veranschaulichung der Sensitivität dieser Annahme ist die erforderliche THG-Quote für alle Szenarien auf Basis zweier Annahmen in Tabelle 9 vergleichend gegenübergestellt: 20% und 95% des Stroms im Verkehrssektor finden Berücksichtigung in der Quote (d.h. sie werden erfasst, gehandelt und angerechnet).

Tabelle 9 Erforderliche THG-Quote für die Erreichung des KSG-Ziels in 2030 bei unterschiedlicher Berücksichtigung von Strom

Erforderliche Gesamt-THG-Quote 2030 bei der Berücksichtigung von	I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IVa	IVb	Va	Vb	VI
20% des Stroms	13%	42%	25%	40%	43%	37%	38%	13%	39%	40%	52%
95% des Stroms	26%	43%	28%	50%	45%	39%	40%	20%	40%	46%	52%

Literaturverzeichnis

Agora Energiewende, Agora Verkehrswende, Stiftung Klimaneutralität (prognos, Öko-Institut e.V., Wuppertal Institut) (2020): Klimaneutrales Deutschland. In drei Schritten zu null Treibhausgasen bis 2050 über ein Zwischenziel von -65 % im Jahr 2030 als Teil des EU-Green-Deals. Studie.

Boston Consulting Group (BCG), Prognos (2018): Klimapfade für Deutschland. Hg. v. Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI). Online verfügbar unter <https://bdi.eu/publikation/news/klimapfade-fuer-deutschland/>, zuletzt geprüft am 20.01.2021.

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (Hg.) (2020): Evaluations- und Erfahrungsbericht für das Jahr 2019. Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung, Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung. Online verfügbar unter https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Klima-Energie/Nachhaltige-Biomasseherstellung/Evaluationsbericht_2019.pdf, zuletzt geprüft am 20.01.2021.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (Hg.) (2019): Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf>, zuletzt geprüft am 20.01.2021.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (Hg.) (2020): Referentenentwurf der Bundesregierung. Entwurf eines Gesetzes zur Weiterentwicklung der Treibhausgasminderungs-Quote. Online verfügbar unter https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Glaeserne_Gesetze/19._Lp/thg_aenderung_gesetz/Entwurf/thg_aenderung_gesetz_refe_bf.pdf, zuletzt geprüft am 22.01.2021.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hg.) (2020): Verkehr in Zahlen 2020/2021. Flensburg (49).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hg.) (2020): Die Nationale Wasserstoffstrategie. Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.html>.

Deutsche Emissionshandelsstelle: Projekte im Kraftstoffsektor. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter https://www.dehst.de/DE/Klimaschutzprojekte-Seeverkehr/UERV/upstream-emissionsminderungen_node.html, zuletzt geprüft am 22.01.2021.

Deutsche Energie-Agentur (Dena) (2018): dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050, zuletzt geprüft am 07.12.2020.

Die Bundesregierung (12.12.2019): Bundes-Klimaschutzgesetz. KSG. Online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/KSG.pdf>.

Europäische Union (23.04.2009a): Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG. RED. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32009L0028&qid=1611328079991>, zuletzt geprüft am 22.01.2021.

Europäische Union (23.04.2009b): Richtlinie 2009/30/EG zur Änderung der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Spezifikationen für Otto-, Diesel- und Gasölkraftstoffe und die Einführung eines Systems zur Überwachung und Verringerung der Treibhausgasemissionen. FQD, vom 21.05.2016. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A02009L0030-20160610&qid=1611328610367>, zuletzt geprüft am 22.01.2021.

Europäische Union (30.05.2018): Verordnung (EU) 2018/842 zur Festlegung verbindlicher nationaler Jahresziele für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Zeitraum 2021 bis 2030. ESR. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32018R0842&qid=1611330175935>.

Europäische Union (11.12.2018): Richtlinie (EU) 2018/2001 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. 2018/2001 (RED II). Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32018L2001&qid=1611328254590>, zuletzt geprüft am 20.01.2021.

Falk Heinen (2021): Stand der Umsetzung der Erneuerbaren Energien-Richtlinie II (Artikel 25 bis 28) in nationales Recht. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). Kraftstoffe der Zukunft / Fuels of the Future 2021, 18.01.2021. Online verfügbar unter <https://ksk2021.konferenz-hub.de/>.

Federal Environment Agency (Hg.) (2020): Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol 2020. National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2018. Online verfügbar unter <https://unfccc.int/documents/226313>, zuletzt geprüft am 02.02.2021.

Fraunhofer ISI, consentec, ifeu (BMW) (2017): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Modul 3: Referenzszenario und Basisszenario. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.

Meisel, Kathleen; Millinger, Markus; Naumann, Karin; Müller-Langer, Franziska; Majer, Stefan; Thrän, Daniela (2020): Future Renewable Fuel Mixes in Transport in Germany under RED II and Climate Protection Targets. In: *Energies* 13 (7), S. 1712. DOI: 10.3390/en13071712.

UBA (2019): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität. RESCUE -Studie (36), zuletzt geprüft am 07.12.2020.

Umweltbundesamt (2020): Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol 2020. National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2018. Hg. v. Federal Environment Agency. Online verfügbar unter <https://unfccc.int/documents/226313>.

Zoll (Hg.) (2020): Vorläufige Statistische Angaben über die Erfüllung der Treibhausgasquote - Quotenjahr 2019. Online verfügbar unter https://www.zoll.de/SharedDocs/Downloads/DE/Links-fuer-Inhaltseiten/Fachthemen/Verbrauchssteuern/quotenerfuellung_2019.pdf, zuletzt aktualisiert am 01.11.2020, zuletzt geprüft am 20.01.2021.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BioKraft-NachV	Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung
BLE	Bundesanstalt für Ernährung und Landwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BTL	Biomass-to-liquid
CNG	Compressed Natural Gas, komprimiertes Erdgas
CO ₂ -Äqu.	CO ₂ Äquivalente
ESR	Effort Sharing Regulation, Lastenteilungsregulierung
FAME	Fatty acid methyl ester, Fettsäuremethylester
FQD	Fuel Quality Directive, dt Kraftstoffqualitätsrichtlinie
GJ	Gigajoule
GW	Gigawatt
HEFA	Hydrotreated Esters and Fatty Acids
HVO	Hydrotreated vegetable oils
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KSG	Deutsches Klimaschutzgesetz von 2019
LNG	Liquefied Natural Gas, verflüssigtes Erdgas
LPG	Liquefied Petroleum Gas, verflüssigtes Gas, welches bei Verarbeitung von Rohöl entsteht
Mtoe	Megatonne Öleinheiten (Mtoe), 1 Mtoe = 41,87 PJ
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PJ	Petajoule
PTG	Power-to-gas, strombasierte gasförmige Kraftstoffe
PTL	Power-to-liquid, strombasierte flüssige Kraftstoffe
PTx	Power-to-X, Oberbegriff für strombasierte Produkte und Kraftstoffe (flüssig u. gasförmig)
RCF	Recycled Carbon Fuels, wiederverwendete kohlenstoffhaltige Kraftstoffe
RED	Renewable Energies Directive 2009, dt. Erneuerbare Energien Richtlinie 2009
RED II	Renewable Energies Directive 2018, dt. Erneuerbare Energien Richtlinie 2018
THG	Treibhausgas
UERV	Upstream Emission Reduction Verordnung